БИБЛИОТЕЧКА
ИСКАТЕЛЯ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

И. С. ОЖИНСКИЙ,
П. В. СОКОЛОВ, Б. Я. ЮФА

# КАК ИСКАТЬ УРАНОВЫЕ РУДЫ

ГОСГЕОЛТЕХИЗДАТ




И. С. ОЖИНСКИЙ, П. В. СОКОЛОВ, Б. Я. ЮФА

# КАК ИСКАТЬ УРАНОВЫЕ РУДЫ

*Издание второе, исправленное и дополненное*




ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО ГЕОЛОГИИ И ОХРАНЕ НЕДР
МОСКВА 1962

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.



*И. С. Ожинский, П. В. Соколов, Б. Я. Юфа*

КАК ИСКАТЬ УРАНОВЫЕ РУДЫ

Редактор издательства *З. Н. Чумаченко*
Технич. редактор *В. В. Быкова* Корректор *Р. Т. Хвостова*

Сдано в набор 21/II 1962 г. Подписано к печати 11/VII 1962 г. Формат бумаги 84×108¹/₁₆. Бум. л. 0,88. Печ. л. 2,87. Уч.-изд. л. 2,87. Т—07446. Тираж 25000. Заказ 1001. Цена 9 коп.

Типография им. Анохина
Министерства культуры Карельской АССР г. Петрозаводск, ул. „Правды“, 4

## ВВЕДЕНИЕ

В Программе Коммунистической партии Советского Союза, принятой XXII съездом КПСС, указано, что главной экономической задачей партии и советского народа является создание в течение двух десятилетий материально-технической базы коммунизма.

Для решения этой грандиозной задачи предусматривается в первую очередь завершение полной электрификации страны, комплексная механизация и автоматизация производственных процессов, широкое применение химии в народном хозяйстве, всемерное развитие новых, экономически эффективных отраслей производства, новых видов энергии и материалов. В результате осуществления этих и ряда других важнейших мероприятий СССР будет располагать невиданными по своему могуществу производительными силами.

В решении задач в области дальнейшего развития энергетики нашей Родины важное место будет принадлежать атомной (ядерной) энергии, источником которой в основном является уран. Атомная энергия может заменить огромные количества органического топлива. Так, например, при делении ядер всех атомов 1 *кг* урана выделяется столько энергии, сколько можно получить при сжигании 2500 *т* каменного угля. Такое количество электроэнергии вырабатывает электростанция мощностью в 100 тыс. *квт* в течение 10 суток.

Семилетним планом предусмотрено широкое использование атомной энергии для мирных целей во всех отраслях народного хозяйства. В этой области Советский Союз достиг выдающихся успехов, которые получили всемирное признание.

В нашей стране еще в 1954 г. пущена и бесперебойно работает первая в мире атомная электростанция мощ-

ностью в 5 тыс. *квт*; в 1958 г. вступила в строй первая очередь новой крупной атомной электростанции — одна из серии атомных электростанций большой мощности. Такие станции в первую очередь будут размещаться в тех районах страны, где мало или совсем нет угля, нефти, природных газов и других источников энергии.

Первый в мире атомный ледокол «Ленин» уже давно взламывает льды северных морей Советского Союза.

Все более широкий размах приобретают в СССР работы по применению радиоактивных изотопов, образующихся в результате ядерных реакций, в научных исследованиях, промышленности, сельском хозяйстве и медицине.

В черной металлургии радиоактивные изотопы применяются для контроля и регулирования технологических процессов, что, в частности, позволило увеличить производительность многих мартеновских и доменных печей.

Широко используются радиоактивные изотопы во многих отраслях промышленности и строительства для контроля качества выпускаемых изделий.

В химической промышленности продукты ядерных реакций служат для ускорения химических процессов, а также для получения новых соединений типа пластмасс.

С помощью радиоактивных изотопов (меченых атомов) удалось установить механизм питания растений, а также эффективность различных удобрений, вносимых в почву. Большую пользу приносят радиоактивные изотопы в борьбе с вредителями сельского хозяйства.

Советская медицина все более широко использует радиоактивные изотопы для определения, а также и для лечения различных болезней.

Для обеспечения обширной программы использования атомной энергии и радиоактивных продуктов в мирных целях нашей стране с каждым годом требуется все больше урана.

Практика поисков урана показывает, что этот ценный металл встречается почти во всех геологических образованиях, слагающих земную кору: от наиболее древних (называемых докембрийскими), имеющих геологический возраст от 570 млн. до 2 и более млрд. лет, до наиболее молодых (четвертичных) отложений, возраст которых составляет десятки и сотни тысяч лет. Причем месторождения урана образуются в горных породах самого различного состава и происхождения.

Разнообразие условий нахождения в природе урановых руд, а также замечательное свойство урана — радиоактивность, легко обнаруживаемая специальными приборами, представляют широкие возможности поисков урановых руд на огромной территории нашей Родины.

Геологи ищут урановые руды различными способами: с самолетов, вертолетов, автомобилей. Самым распространенным и относительно простым способом поисков урана являются пешеходные поиски, в результате которых открыто много месторождений урана.

Этот способ поисков в какой-то мере доступен для школьников, студентов, туристов, краеведов-любителей. охотников, совершающих увлекательные путешествия по родной стране и изучающих свой край. Для них и написана настоящая брошюра.

## УРАН И ЕГО СВОЙСТВА

Для того чтобы было ясно последующее изложение, необходимо напомнить основные положения теории строения атома. Как известно, в атоме любого химического элемента вокруг положительно заряженного ядра движутся по орбитам электроны, несущие отрицательный заряд. Схема строения атома гелия показана на рис. 1.

Ядро состоит из двух элементарных частиц: протонов и нейтронов. П р о т о н ы несут положительный электрический заряд, равный по величине заряду электрона, н е й т р о н ы — электрически нейтральные частицы. Ядерные силы прочно связывают в ядре протоны и нейтроны. Число протонов и нейтронов в ядре определяет массу атома и поэтому оно называется массовым числом.

Так как число протонов в ядре равно числу электронов в его внешней оболочке, то атом электрически нейтрален. Если каким-либо способом удалить один или несколько электронов из оболочки атома, последний станет электрически положительным. Такой атом называется положительным ионом, а удаленный из атома электрон— отрицательным ионом. Процесс образования ионов носит название и о н и з а ц и и.

Свойства атома как химического элемента определяются числом протонов в ядре, или порядковым номером элемента в периодической системы элементов Д. И. Менделеева.

Элементы, содержащие одинаковое число протонов, но разное число нейтронов и обладающие тождественными химическими свойствами, называются **изотопами**[1]. Они располагаются в одной клетке периодической системы.




Рис. 1. Схема строения атома гелия

Уран — символ U, порядковый номер 92 — радиоактивный химический элемент. Открыт в 1789 г., назван в честь планеты Уран.

Уран относится к семейству актиноидов (торий, протактиний, уран и трансурановые элементы) III группы Периодической системы Менделеева.

Природный уран состоит из трех изотопов: $U^{238}$ (UI), $U^{234}$ (UII) и $U^{235}$ (AcU), причем количества каждого изотопа составляют соответственно 99,28; 0,0054 и 0,714%. Уран-238 и уран-235 являются родоначальниками двух естественных радиоактивных семейств: урана-радия и актиния.

В результате радиоактивного распада (подробнее об этом будет сказано далее) уран-238 и уран-235 последовательно превращаются в ряд радиоактивных элементов и в конечном итоге образуют устойчивые (нерадиоактивные) изотопы свинца ($Pb^{206}$ и $Pb^{207}$) и гелий.

Важнейшим свойством изотопов урана является их способность к делению под воздействием нейтронов, обладающих определенной скоростью. Ядра атомов урана делятся при этом на «осколки», представляющие собой ядра более легких элементов. При делении ядер урана в определенных условиях выделяется огромное количество энергии. Эта особенность изотопов урана позволяет использовать их в качестве ядерного топлива.

---

[1] Изотопы — слово греческое, означающее «находящиеся на одном и том же месте».

Долгое время существовало представление о том, что уран является редким элементом. Теперь установлено его довольно широкое распространение в земной коре. Наиболее обогащены ураном изверженные горные породы (граниты и др.). В них содержание урана достигает 30 *г* на 1 *т* породы. Приблизительные подсчеты показывают, что общее количество урана в верхних слоях земной коры составляет 1 000 000 млрд. *т*.

Уран встречается чаще, чем такие элементы, как висмут, серебро, ртуть, мышьяк, молибден, и в тысячу раз более распространен, чем золото. Вместе с тем уран является металлом рассеянным, так как он обнаруживается во всех горных породах и водах, но редко образует крупные месторождения с богатыми рудами. Отличаясь большой химической активностью, уран в связи с этим не известен в самородном виде. В природных условиях уран образует только четырех-($U^{4+}$) и шестивалентные ($U^{6+}$) соединения, отличающиеся по своим свойствам и поведению в земной коре.

Земная кора сложена изверженными, осадочными и метаморфическими горными породами. Изверженные породы образуются при застывании (кристаллизации) огненно-жидкой массы, называемой магмой. Застывание происходит на глубине, протекает очень медленно, отдельными стадиями. Для каждой стадии этого природного процесса характерны различные продукты кристаллизации. На первой стадии возникают глубинные горные породы с массивным и зернистым сложением — такие, как граниты, сиениты, габбро. На второй стадии, когда большая часть магмы уже застыла, из отделившихся от нее остаточных расплавов, содержащих значительное количество растворенных газов, формируются пегматиты с крупными, иногда гигантскими кристаллами полевого шпата, кварца, слюды и других минералов. Для третьей, заключительной стадии характерны горячие водные растворы (гидротермы), выносящие из магматического очага различные металлы и минералы.

Когда магма изливается на поверхность Земли в результате извержения вулкана, она растекается в виде лавы и, быстро охлаждаясь, застывает. Застывшая лава часто обладает стекловатым строением. Примером излившихся изверженных пород являются фельзиты, базальты.

Осадочные породы образуются в результате ряда сложных, длительных по времени геологических процессов несколькими путями: накоплением и последующим уплотнением и цементацией обломков других горных пород, разрушающихся на поверхности Земли под действием воды, углекислоты и кислорода воздуха, колебаний температуры, жизнедеятельности организмов (физическое и химическое выветривание) и других причин; выпадением химических соединений (например, солей) из водных растворов; осаждением остатков вымерших животных и растительных организмов в морях и озерах (так, например, образуются известняки).

Метаморфическими (измененными) называют такие горные породы, которые возникают при преобразовании изверженных и осадочных пород, претерпевших погружение в глубину земной коры и испытавших здесь воздействие высоких температур и давления.

Уран не образует самостоятельных минералов в изверженных породах. Он входит в виде примеси в другие минералы и главным образом рассеивается в форме подвижных соединений, сравнительно легко выщелачиваемых при выветривании изверженных пород на земной поверхности. Первые, собственно урановые минералы появляются в пегматитах.

Много урана накапливается в рудах гидротермальных месторождений. Эти месторождения образуются из водных растворов (гидротерм). Растворенные в них различные химические соединения отлагаются по стенкам трещин, разломов и полостей в породах, слагающих земную кору, по мере движения растворов в области с более низкими температурами и давлением.

Когда застывшие на глубине массивы изверженных пород, пегматитовые и гидротермальные жилы оказываются в условиях земной поверхности, они, как указывалось, подвергаются разрушению — выветриванию и окислению под воздействием кислорода, углекислоты и воды.

Первичные урановые минералы в жилах и массивах изверженных пород, содержащие металл преимущественно в четырехвалентной форме, в поверхностной зоне окисления переходят во вторичные минералы, в которых уран является шестивалентным. В шестивалентной форме уран становится легко растворимым и выносится реками

и временными потоками в морские и озерные бассейны. Интенсивность процессов растворения и выноса урана в зоне окисления может быть очень велика, что вызывает в определенных условиях почти полное выщелачивание (вынос) урана из верхних частей месторождения.

Уран, вынесенный в морские и озерные бассейны, может либо рассеяться в отлагающихся на дне их осадочных горных породах, либо при благоприятных условиях вновь начать концентрироваться, образуя очень важные в практическом отношении осадочные месторождения радиоактивных руд.

Концентрации урана в прибрежно-морских и озерных условиях способствует наличие гниющих растительных и животных остатков (органического вещества), поглощающих уран, содержащийся в воде; наличие сероводорода и закисного железа, создающих в совокупности так называемую восстановительную обстановку, при которой все процессы протекают без доступа кислорода.

Осадочные месторождения урана также подвергаются окислению на участках выхода их на дневную поверхность, в результате этого возникают характерные вторичные минералы (карнотит, тюямунит).

Замечательной особенностью процессов накопления урана в осадочных породах является почти постоянное сонахождение (парагенезис) его с ванадием, фосфором, молибденом, реже селеном, свинцом и цинком, содержание которых в ряде случаев достаточно высоко.

Урановые руды часто обнаруживаются не только в коренных выходах, но и по ореолам рассеяния. Эти ореолы возникают над или вблизи ураноносного рудного тела в перекрывающих его наносах различного состава. Различают ореолы, формирующиеся одновременно с отложением наносов и образовавшиеся позже них.

Ореолы первого типа носят название механических ореолов. В этом случае устойчивые к химическому выветриванию первичные урановые руды претерпевают дробление на отдельные глыбы, обломки и кусочки, которые либо залегают в наносах над самим рудным телом, либо смещаются в силу своей тяжести по склону. Площадь механического ореола в наносах обычно во много раз превосходит площадь выхода рудного тела на поверхность, что и определяет само название происходящего процесса — рассеяние.

Ореолы второго типа — **солевые ореолы** — образуются в уже отложившихся наносах в результате проникновения в них водных растворов, содержащих уран. При взаимодействии с наносами, из этих растворов выпадает уран в форме вторичных минералов типа карбонатов, фосфатов и силикатов (см. стр. 11). Солевые ореолы могут находиться в удалении от ураноносного тела.

Образование ореолов находится в большой зависимости от климата района и поведения грунтовых вод. В условиях сухого климата — пустынь и степей — ореолы рассеяния хорошо сохраняются и легко фиксируются радиометром. Во влажном климате с большим количеством выпадающих осадков и обильными грунтовыми водами ореолы рассеяния часто очень ослабляются или отсутствуют. Однако в горных районах с таким климатом ореолы рассеяния, особенно механические, могут быть достаточно устойчивыми.

## МИНЕРАЛЫ УРАНА

Минералы урана образуются в природных условиях только в форме кислородных соединений. Наибольшую ценность для промышленности представляют окислы урана гидротермального происхождения — уранинит и настуран.

**Уранинит** образует кристаллы обычно кубической формы черного или бархатно-черного цвета. На фарфоровой пластинке оставляет черную или буровато-черную черту. Блеск в свежем изломе смолистый, жирный. Излом раковистый. Минерал хрупкий. Уд. вес 8. В большинстве случаев ножом не чертится. Сильно радиоактивен.

**Настуран** (урановая смолка, урановая смоляная руда $kUO_2lUO_3mPbO$ — наиболее типичный первичный минерал гидротермальных и некоторых осадочных месторождений. Аморфен. Образует характерные плотные почковидные, округлые стяжения и гроздьевидные скопления (рис. 2). Цвет черный. Черта на фарфоровой пластинке черная, иногда с зеленовато-буроватым оттенком. Сильный смоляной блеск. Излом раковистый. Ножом чертится с трудом. Уд. вес 6—8. Сильно радиоактивен.

При выветривании из первичных урановых руд возникает две группы вторичных урановых минералов, состав которых зависит от среды, в которой происходило

окисление. При наличии в первичных урановых рудах значительного количества сульфидов (соединений железа, меди и других металлов с серой) возникают одни минеральные сообщества, при малом содержании сульфидов и в среде, обогащенной натрием и калием, — другие.

Среди минералов первой группы следует назвать наиболее важные по своему практическому значению урановые черни и урановые слюдки.

Урановые черни (закись — окись урана непостоянного состава). Урановые черни внешне аморфны. Образуют плотные массы, натечные образования и стяжения, пористые и рыхлые массы (в случае замещения настурана), пленки, пылевидные и сажистые образования в смеси с другими минералами (черни, возникшие в восстановительных условиях). Цвет серо-черный, темно-серый, зеленовато-серый. Блеск матовый. Излом землистый и неровный. Твердость сильно колеблется и в общем невысока. Черни легко чертятся стальным ножом. Уд. вес 2,9—4,8.

Урановые слюдки. Эта группа вторичных урановых минералов включает фосфаты (соли фосфорной кислоты), арсенаты (соли мышьяковой кислоты), ванадаты (соли ванадиевой кислоты). Типичными минералами группы являются: отенит, торбернит, ураноспинит, цейнерит, карнотит, тюямунит. Бóльшая часть этих минералов развивается по первичным урановым минералам гидротермальных месторождений, но карнотит (уранованадат) является типичным вторичным минералом осадочных месторождений.

Перечисленные минералы обладают рядом общих черт: способностью раскалываться на тонкие пластинки (спайность); кубической формой кристаллов, размером табличек в поперечнике до нескольких миллиметров. Минералы встречаются в виде изолированных чешуек, пластинок, корочек; цвет их в основном желтый, кроме слюдок, содержащих медь и обладающих в этом случае ярким зеленым или изумрудно-зеленым цветом; блеск перламутровый, стеклянный; очень хрупки; твердость низкая, легко чертятся ножом.

Минералы второй группы представлены главным образом водными окислами (гидронастуран) и силикатами урана (соддиит, уранофан, казолит). По-


Рис. 2. Настуран натечной формы

явление этих минералов является надежным поисковым признаком, а большие скопления их имеют самостоятельное промышленное значение.

Вторичные силикаты урана (соли кремневой кислоты) образуют либо мелкозернистые землистые массы и порошковатые массы, либо радиально-лучистые скопления. Кристаллы игольчатые и призматические; спайность вы-

ражена довольно отчетливо; цвет медово-желтый, канареечно-желтый, янтарно-желтый, буро-желтый, соломенно-желтый; блеск стеклянный; твердость непостоянная, средняя; уд. вес 3,6—5,9.

Силикаты урана растворяются в соляной кислоте с выделением кремнекислоты в виде студня.

Некоторые вторичные минералы шестивалентного урана обладают важным свойством, облегчающим их нахождение и определение, — люминесценцией, т. е. способностью светиться (холодным свечением) под влиянием ультрафиолетовых лучей. Источником ультрафиолетового излучения могут быть как специальные кварцево-ртутные лампы, так и солнечный свет. Свечение бывает различной яркости, обычно голубовато-зеленое и желтовато-зеленое. Отчетливо люминесцируют некоторые урановые слюдки (отенит, ураноспинит), слабо или вовсе не люминесцируют силикаты.

Люминесценция видна только в темноте, поэтому полевые наблюдения на обнажениях и в поверхностных горных выработках для обнаружения люминесцирующих вторичных урановых минералов и определения характера их распределения в породах и рудах можно вести вечером или ночью со специальным прибором — люминоскопом. Днем эти наблюдения над отдельными образцами могут производиться с помощью карманного солнечного люминоскопа.

## ГДЕ И В КАКИХ УСЛОВИЯХ ИСКАТЬ УРАНОВЫЕ РУДЫ

Элементарное представление о типах урановых месторождений дает таблица, приведенная на стр. 16. Как видно из этой таблицы, уран встречается в различных природных условиях и образует разнообразные группы месторождений с рядом весьма характерных особенностей. Практическое значение различных групп урановых месторождений неодинаково.

Так, в пегматитах урановые минералы встречаются часто, но промышленных скоплений почти не образуют. Однако они могут добываться из отдельных пегматитовых жил попутно, при разработке последних на слюду, полевой шпат, кварц, берилл и т. п.

В рудах гидротермальных месторождений уран концентрируется в значительных количествах, что опреде-

ляет большую промышленную ценность таких месторождений. Благоприятные условия для образования гидротермальных месторождений урана (как, впрочем, и других металлов) создаются на тех участках земной коры, которые разбиты глубокими вертикальными или крутонаклонными трещинами — разломами и сбросами — на отдельные блоки и испытали в связи с этим значительные перемещения в пространстве. Разломы часто прослеживаются на большую глубину и проявляются на поверхности (в плане) в виде сложной системы трещин, протягивающихся в отдельных районах на многие километры. Урановые жилы, заполняющие трещины, залегают как внутри массивов изверженных горных пород, часто в их краевой части, так и в удалении от них — во вмещающих породах.

Группы жил образуют рудные поля. Жилы не состоят сплошь из урановой руды; ею сложены только отдельные участки, разделяемые пустой породой.

Гидротермальные месторождения пластообразной формы образуются при активном химическом взаимодействии рудных растворов с вмещающими породами. Рудные тела приурочены к какому-либо пласту, обычно отличающемуся по составу или строению от других пластов. Среди месторождений этой группы выделяются как собственно урановые месторождения, так и месторождения сложных руд — медно-урановые и железо-урановые. Нерудные минералы здесь очень разнообразны по составу.

Урановые руды гидротермальных месторождений часто, особенно на поверхности, представлены либо плотными темноокрашенными разновидностями, либо рыхлыми рассыпающимися в дресву от удара молотком. В таких рудах иногда наблюдаются отдельные мелкие окрашенные в красноватые цвета обломки (брекчия), сцементированные землистой массой. Необходимо помнить, что отсутствие ярких окрасок, свойственных вторичным урановым минералам, не означает, что в невзрачном сером землистом куске нет урана.

Все большее практическое значение приобретают осадочные месторождения. Это становится понятным, если учесть, что осадочные породы широко распространены.

Характерно поведение урана в группе морских осадочных месторождений. Несмотря на большие площади,

занимаемые рудовмещающими породами, урановое оруденение чаще сосредоточено в сравнительно узких полосах шириной в сотни метров и первые километры. В пределах этих полос оруденение обычно представлено отдельными линзами, располагающимися в несколько этажей и разделенными пустой породой.

Следует указать также на постоянную связь урана с фосфоритами, в результате чего содержание урана зависит от содержания фосфора в руде. По внешнему виду фосфоритовая урановая руда представляет собой серую (до темно-серой) породу с мелкозернистым, иногда обломочным строением. На поверхности такая руда подвергается ожелезнению, приобретает красновато-бурую окраску и большую хрупкость.

Своеобразным типом морских месторождений урана являются глины, содержащие скелеты, кости, зубы и чешую ископаемых рыб и сульфиды железа. Ископаемые кости по составу соответствуют фосфориту. На отдельных небольших площадях кости, зубы и чешуя рыб становятся весьма существенной частью породы. Эти скопления костей — «кладбища рыб» — и являются месторождениями урана.

В осадочных месторождениях озерного и болотного происхождения, связанных с ископаемыми углями и углистыми породами, урановое оруденение обычно встречается не в самих промышленных залежах углей, а в краевых частях этих залежей, в местах, где их мощность резко уменьшается, и в переслаивающихся с углями углистых глинах, углистых песчаниках, известняках, содержащих «растительный мусор» — остатки ископаемого растительного материала.

На поверхности, в зоне окисления этих месторождений, местами развиваются урановые слюдки. Изучение урановых месторождений в угленосных свитах показывает, что они располагаются вблизи устьев древних (в настоящее время погребенных) речных долин. Такое заключение подтверждается исследованием современных ураноносных торфяников, в которых часто наблюдается несколько горизонтов, обогащенных ураном. В плане они иногда имеют вид вытянутых полос, обозначая русло потока, воды которого несли уран. В некоторых случаях оруденение приурочено к краевой части болот.

Среди месторождений, образованных деятельностью древних рек, обращают внимание месторождения в пес-

Таблица

## Типы урановых месторождений

| Класс месторождений | Группа месторождений | Характерные особенности | Форма и размеры рудных тел | Вмещающие горные породы |
|---|---|---|---|---|
| Магматогенные (образовавшиеся из магмы) | 1. Пегматиты | Основные минералы: полевой шпат, кварц, слюда. Почти всегда присутствуют минералы редких металлов (бериллия, лития и др.), минералы урана и тория<br>Неоднородное зональное строение рудного тела<br>Крупные кристаллы (десятки сантиметров, метры в длину) | Вытянутые линзовидные тела или жилы, ограниченные параллельными плоскостями<br>Мощность (толщина) от единиц метров до десятков метров, длина от десятков метров до сотен метров | Глубинные изверженные, метаморфические, реже осадочные породы различного геологического возраста |
| | 2. Гидротермальные:<br>а) жильные | Основные урановые минералы: настуран (урановая смолка) или образовавшиеся по нему вторичные урановые черни, слюдки, водные окислы и силикаты<br>Сопутствующие урану рудные минералы: сульфиды железа, молибдена, свинца, цинка и мышьяковые соединения (арсениды) кобальта и никеля. Нерудные минералы—кварц, карбонаты<br>Приуроченность ураноис- | Жилы, иногда короткие линзы длиной от нескольких десятков сантиметров до десятков и сотен метров. Местами густая сеть коротких пересекающихся жилок. Жилы обычно прослеживаются на значительную глубину | Изверженные породы: граниты сиениты, фельзиты, порфиры, диабазы; осадочные и метаморфические породы |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Магматогенные (образовавшиеся из магмы) | | ных жил к трещинам, различным по направлению и времени возникновения, к местам пересечения их, а также краевым частям жильных полей | | |
| | б) пластообразные | Основные урановые минералы: уранинит и настуран, часто образующие обильную тонкую вкрапленность во вмещающей породе; урановые минералы сопровождаются (в различных количествах) либо магнетитом и гематитом, либо сульфидами меди, железа, кобальта, никеля, молибдена, самородными медью и серебром | Рудные тела неправильной пластообразной формы или мелкие линзы | Осадочные и метаморфические породы: известняки, известковистые песчаники и сланцы, железистые кварциты |
| Осадочные | 1. Месторождения морского происхождения | Основные урановые минералы: настуран, черни, слюдки, силикаты<br>В большинстве месторождений уран не образует самостоятельных минералов, а входит в состав других минералов<br>Очень важной особенностью является обогащение фосфором (в форме фосфорита), органическим веществом и ванадием | Короткие линзы и пласты. Крупные пластообразные залежи. Пачки пластов, протягивающихся на многие километры (в случае бедного равномерного содержания урана) | Известняки, горные глинистые сланцы, глины с рыбными остатками, песчаники |

Продолжение таб.

| Класс месторождений | Группа месторождений | Характерные особенности | Формы и размеры рудных тел | Вмещающие горные породы |
|---|---|---|---|---|
| Осадочные | 2. Месторождения озерного, болотного и речного происхождения | Залегание ураноносных пород как горизонтальное, так и нарушенное — в этом случае образуются складки<br>Основные урановые минералы — вторичные урановые ванадиевые слюдки, образующиеся в зоне окисления<br>Главная масса урана связана с органическим веществом (раковины микроорганизмов, угли, остатки ископаемого растительного материала), отчасти с сульфидом железа — пиритом. Почти всегда присутствует ванадий | Пласты, слои и линзы довольно большой протяженности | Известково-глинистые породы (мергели), угли, углистые пески, углистые глины, углистые песчаники. Торфяники, красноцветные толщи. Кварциты и конгломераты |
| | 3. Месторождения сложного происхождения | Уран находится в виде примесн в твердых продуктах окисления и изменения нефтей, носящих название асфальтитов | Гроздьевидные стяжения, гнезда, линзы, пластообразные залежи, столбы | Осадочные породы, главным образом пористые, водопроницаемые |

чаниках, содержащих ванадий и органическое вещество, залегающие в красноцветных толщах. В отдельных горизонтах здесь содержатся ураноносные обломки обуглившейся древесины и крупные стволы. Рудные залежи на поверхности хорошо выделяются своей зеленовато-желтой, зеленовато-серой или бурой окраской на фоне красного цвета безрудных пород.

Важную в практическом отношении группу урановых месторождений прибрежно-морского и речного происхождения составляют месторождения в конгломератах, состоящих из мелкой гальки кварца и тонкозернистого слюдисто-кварцевого цемента (рис. 3). Здесь уран сосредоточен в цементе вместе с золотом, содержание которого подвержено большим колебаниям, пиритом и органическим веществом. Эти месторождения рассматриваются как древние погребенные россыпи, приуроченные к впадинам в древнем рельефе (речные долины, дельты).

Среди урановых месторождений, образовавшихся сложным путем, заслуживают внимания месторождения в асфальтитах. Последние по внешнему виду отличаются плотным сложением, углисто-черным цветом, смоляным блеском, характерным раковистым изломом, очень малым удельным весом и хрупкостью. Области развития асфальтитов часто располагаются вблизи нефтяных и газовых месторождений.

**Признаки урановых руд** (поисковые признаки). Часть этих признаков является общей для всех типов урановых месторождений, часть характерна только для месторождений, образовавшихся при застывании магмы (магматогенных), или осадочного происхождения.

К общим признакам относятся:

1. Радиоактивность горных пород, рудных жил, обломков как главный признак, который (в этом надо отдавать себе отчет) в некоторых случаях свойствен не только урановым, но урано-ториевым и ториевым рудам, радиоактивность источников подземных вод.

2. Наличие в породах и жилах черных кристаллов уранинита или натечных почковидных масс настурана, сажистых примазок и землистых скоплений урановой черни, ярко-желтых или изумрудно-зеленых чешуек, землистых масс урановых слюдок и силикатов.

3. Люминесценция (холодное свечение) под влиянием ультрафиолетовых лучей, свойственное некоторым вто-

ричным минералам шестивалентного урана (слюдки).

Признаками, характерными для магматогенных месторождений урана, связанных с изверженными горными породами, являются:

1. Наличие в районе поисков массивов изверженных пород, главным образом кислых и щелочных, прорывающих осадочные или метаморфические породы.



Рис. 3. Кварцевый конгломерат

2. Развитие в районе поисков протяженных зон с нарушенным залеганием и дроблением пород, разломов, трещин, сбросов разного направления и времени образования (возраста), местами пересекающихся.

3. Покраснение отдельных участков, обусловленное тонким распылением гематита, характерное для вмещающих пород около ураноносных рудных тел (околорудные изменения), в отдельных случаях позеленение (хлоритизация) или побеление (глинизация).

Осадочным месторождениям урана свойственны следующие признаки:

1. Наличие в осадочной толще, вмещающей месторождения, отчетливой смены пород различного состава, зернистости и цвета (например, известняки, глины, пески), преобладание серых окрасок или чередование серых и красных, свидетельствующее об изменении усло-

вий осадконакопления — смене окислительной обстановки на восстановительную (серая окраска), что благоприятно для концентрации урана.

2. Повышенное содержание органического вещества в толще пород: появление прослоев угля или углистых глин, скоплений остатков древних растений, остатков костей и чешуи рыб, обломков костей и раковин других вымерших организмов, линз и желваков фосфорита, стяжений и линз затвердевшей нефти (асфальтиты).

Нельзя, конечно, думать, что присутствие описанных поисковых признаков на участках означает обязательное нахождение промышленных урановых руд. Однако вероятность обнаружений урановых руд на таких участках значительно увеличивается.

Следует помнить, что, производя поиски урана, можно, не обнаружив месторождений этого металла, найти месторождения других ценных руд (титана, циркония, тантала, ниобия и др.), в которых уран встречается в виде примеси, легко улавливаемой радиометрическим прибором.

## ПРИБОРЫ ДЛЯ ПОИСКОВ УРАНА

**Что такое радиоактивность.** Для рассмотрения устройства приборов, с помощью которых проводятся поиски урановых руд, приведем основные понятия о радиоактивности, которая обнаруживается этими приборами.

Радиоактивными называются изотопы химических элементов, ядра которых со временем самопроизвольно распадаются, образуя при этом изотопы других химических элементов.

Естественно, что радиоактивные элементы расположены главным образом в конце таблицы Д. И. Менделеева, начиная с атомного номера 81, но известно несколько подобных элементов с меньшими атомными номерами: изотопы калия, рубидия, самария и др.

Искусственным путем можно вызвать изменение состава ядер изотопов и получить таким образом искусственно радиоактивные изотопы. Последние в настоящее время получены для всех химических элементов.

Среднюю скорость радиоактивного распада принято характеризовать величиной, называемой периодом полураспада, т. е. временем, в течение которого распадается половина исходного количества радиоактивного элемен-

та. Так, например, период полураспада радия — 1600 лет. Это значит, что за 1600 лет от 1 *г* радия в результате распада останется всего лишь полграмма. За последующие 1600 лет распадется половина от оставшегося количества радия, т. е. 0,25 *г* и т. д. За время, равное 10 периодам полураспада, останется всего лишь одна десятая процента от исходного количества, т. е. за это время радиоактивный элемент распадется практически полностью.

При радиоактивном распаде ядра атомов могут испускать три вида лучей: альфа ($\alpha$), бета ($\beta$) и гамма ($\gamma$).

Альфа-лучи представляют собой поток ядер атомов гелия, называемых $\alpha$-частицами.

Бета-лучи — поток электронов, называемых $\beta$-частицами.

Гамма-лучи — поток электромагнитных волн, тождественных по своей природе лучам света.

Распространение электромагнитных волн можно представить в виде потока частиц, называемых фотонами. Излучение фотонов происходит после испускания ядром альфа- или бета-частиц.

Важнейшим свойством радиоактивных излучений является способность их вызывать ионизацию (см. стр. 5) атомов среды, через которую они распространяются. Ионизационная способность радиоактивных излучений дает возможность обнаруживать их и количественно измерять. Наибольшей ионизационной способностью обладают альфа-лучи и наименьшей гамма-лучи. Последние производят ионизацию среды не прямо, а вторичными электронами, образующимися под действием гамма-лучей.

Потеря энергии радиоактивных излучений на ионизацию приводит к их ослаблению. Чем больше плотность среды, через которую проходят радиоактивные лучи, тем значительнее они ослабляются.

Альфа-лучи проходят в воздухе путь не более 10 *см*, лист бумаги практически полностью их поглощает. Бета-частицы проходят в воздухе около 10 *м*, в горных породах — до 1 *см*. Гамма-лучи способны пройти в воздухе путь до нескольких сотен метров, а в горных породах — несколько десятков сантиметров. Большая проникающая способность гамма-лучей позволяет вести поиски урана не только на земле, но и с воздуха.



Рис. 4. Образец одного из типов урановой руды гидротермального происхождения

*Вверху* — черное — богатая урановая руда, белое — прожилки нерудного минерала
*Внизу* — радиография того же образца.
Белое (засвечено) — богатая урановая руда, черное — прожилки нерудного минерала

Радиоактивные излучения могут быть обнаружены и по их фотографическому действию. Если приложить радиоактивный образец его гладкой поверхностью к фотографической пластинке или пленке и оставить в темноте на некоторое время (обычно несколько суток), то облучение светочувствительного слоя (эмульсии) пластинки и пленки альфа- или бета-частицами, а также гамма-фотонами вызовет в этом слое появление скрытого фотографического изображения тех мест в образце, которые содержат радиоактивные элементы. Пленка или пластинка после этого проявляется и фиксируется обычным способом. Этот способ обнаружения излучений называется радиографией (рис. 4).

Бóльшая часть естественных радиоактивных элементов входит в радиоактивные семейства (ряды) урана-радия, тория и актино-урана.

Родоначальником семейства урана-радия является уран I с массовым числом 238 и периодом полураспада 4,5 млрд. лет. После нескольких альфа- и бета-распадов из урана I ($U^{238}$) образуется радий. Из радия в результате альфа-распада образуется газообразный продукт — эманация радия, или радон, период полураспада которого равен 3,8 дня. Радиоактивный распад в ряду урана-радия прекращается после образования устойчивого изотопа — урано-радиевого свинца. Аналогичным образом происходит радиоактивный распад в семействах тория (родоначальник ряда торий-232) и в семействе актиноурана (родоначальник ряда уран-235).

Некоторые изотопы естественных радиоактивных элементов не образуют радиоактивных семейств. Из них наиболее заметной радиоактивностью обладает калий-40. Этот изотоп калия является бета- и гамма-излучателем. При значительных концентрациях калия в горных породах (например, калийные соли) бета- и гамма-излучение от калия-40 может оказаться сравнительно высоким.

## ПОЛЕВЫЕ РАДИОМЕТРЫ

Используя свойства радиоактивности урановых руд, можно успешно обнаруживать их с помощью чувствительного прибора — радиометра.

Несмотря на значительные различия в конструктив-

ных особенностях различных типов полевых радиометров, в каждом из них имеются следующие основные блоки: счетчик, воспринимающий радиоактивные излучения; блок регистрирующего устройства; блок электрического питания прибора.

В радиометрах используются счетчики двух типов: газоразрядные и сцинтилляционные.

Газоразрядный счетчик (рис. 5) представляет собой стеклянный баллон (*С*), на внутренней поверхности которого нанесен тонкий слой металла — катод (*К*); вдоль длинной оси баллона по центру натянута тонкая металлическая нить — анод (*А*), изолированная от катода. Счетчик наполнен газовой смесью. В зависимости от

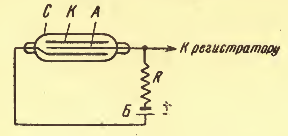



Рис. 5. Схема включения счетчика

толщины катода различают бета- и гамма-счетчики. В бета-счетчиках нет стеклянного баллона; их катод имеет толщину около 50 микрон. Такой счетчик считает главным образом бета-частицы и частично фотоны (гамма-лучи). Гамма-счетчики обычно имеют катод бо́льшей толщины, так как с увеличением толщины катода увеличивается число вторичных электронов, возникающих в нем под действием гамма-лучей, а следовательно, увеличивается и чувствительность счетчика к этим лучам. Вместе с тем увеличение толщины катода счетчика приводит к уменьшению чувствительности счетчика к бета-лучам, так как при этом уменьшается число бета-частиц, проникающих через катод внутрь счетчика.

Счетчик имеет два вывода: один от нити (+), другой — от катода (—). К этим выводам счетчика через сопротивление *R* подается напряжение от источника питания постоянного тока *Б*. Анод счетчика подключается к регистрирующему устройству.

Величина напряжения, подаваемого на счетчики, зависит от их конструкции. В рассматриваемых ниже радиометрах применяются счетчики типа СТС, которые работают при напряжении около 400 *в*.

Каждое прохождение через газовое наполнение счетчика бета-частицы или вторичного электрона, образованного в результате действия гамма-лучей, вызывает на сопротивлении $R$ импульс тока, который может быть зарегистрирован с помощью специальных устройств.

Чем больше радиоактивность источника, тем чаще измерительный прибор радиометра будет отмечать импульсы тока. *Число импульсов в единицу времени* (обычно в 1 минуту — *имп/мин) является показателем величины радиоактивности измеряемого объекта.*

Радиоактивность источника излучения, выраженная числом *имп/мин*, является относительной величиной. Если мы измерим радиоактивность одного и того же объекта разными приборами или одним и тем же прибором, но с разными типами счетчиков, то полученные значения числа *имп/мин* могут быть различными.

Так, если измерить радиоактивность источника излучения приборами со счетчиками с большой и малой поверхностью катода, то через счетчик с большей поверхностью катода пройдет больше бета-частиц, или фотонов, в связи с чем при измерениях с таким счетчиком радиометр зарегистрирует большее число *имп/мин*.

Если в прибор параллельно включено два счетчика, то радиоактивность (выраженная числом *имп/мин*), измеренная таким прибором, будет в два раза больше значения радиоактивности, измеренной прибором с одним счетчиком.

Наибольшая чувствительность газоразрядного счетчика имеет место в случае, когда радиоактивное излучение направлено перпендикулярно к катоду (рис. 6, *а*). Если радиоактивное излучение направлено в торец счетчика, то чувствительность его будет наименьшей (рис. 6, *б*). Чувствительность сцинтилляционного счетчика почти одинакова во всех направлениях.

Число импульсов в минуту от радиоактивного объекта очень быстро уменьшается при увеличении расстояния от него до счетчика. Отсюда следует, что при измерениях радиоактивности счетчик необходимо располагать как можно ближе к исследуемому объекту.

Сцинтилляционный счетчик (рис. 7) состоит из двух частей: специального кристалла и фотоэлектронного умножителя.

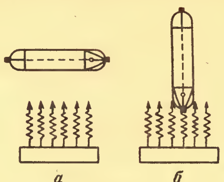



Рис. 6. Положеиие иаибольшей (*а*) и наимеиьшей (*б*) чувствительиости счетчика по отношению к излучающему объекту

Еще в начале XX века было обнаружено, что если на сернистый цинк направить пучок альфа-частиц, то в темноте можно отчетливо наблюдать вспышки света (сцинтилляции).

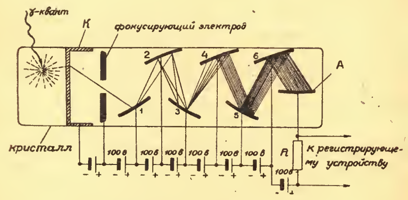



Рис. 7. Схема сциитилляциоииого счетчика

Позднее выяснилось, что способностью сцинтиллировать под действием радиоактивных излучений обладают

кристаллы йодистого натрия (с небольшой примесью таллия), нафталина, антрацена и др.

Подсчитать число вспышек, если они следуют очень часто друг за другом, без приспособления невозможно. Поэтому для их подсчета применяются специальные приборы, называемые фотоэлектронными умножителями (ФЭУ).

Этот прибор представляет собой стеклянную колбу, из которой выкачан воздух. Внутри колбы находится несколько электродов. Один из крайних электродов называется фотокатодом (*К*), другой — анодом (*А*); электроды, расположенные между ними, называются эмиттерами, т. е. испускателями электронов (рис. 7 — *1, 2, 3, 4, 5, 6*).

Фотокатод представляет собой тонкий слой полупрозрачного вещества (сурьма и цезий). Напряжение между фотокатодом и анодом составляет 800—1200 *в*. На каждом последующем эмиттере разность потенциалов примерно на 100 *в* меньше, чем на предыдущем.

В сцинтилляционном счетчике кристалл и ФЭУ (стороной фотокатода) установлены вплотную друг к другу. Между ними находится лишь тонкий слой вазелинового масла (1—2 капли).

Если направить на кристалл радиоактивное излучение, то возникшие в нем вспышки света попадут на фотокатод, выбивая при этом с его поверхности электроны. Каждый электрон, проходя через фокусирующий электрод и ускоряясь в электрическом поле первого эмиттера, направляется к эмиттеру и, достигнув его поверхности, выбивает несколько новых электронов, которые, далее попадая на второй эмиттер, выбивают с его поверхности еще новые электроны. В конечном итоге на анод приходит в миллионы раз больше электронов, чем их возникло на фотокатоде. Такой способ умножения электронов позволяет сравнительно просто (как и в случае газоразрядных счетчиков) их зарегистрировать в виде импульсов тока.

В качестве регистрирующих устройств в полевых радиометрах, обычно применяются телефон-резонатор, индикаторная лампа, или стрелочный индикатор.

По частоте импульсов (щелчков), прослушиваемых в телефон-резонатор с помощью секундомера или секундной стрелки обычных часов, легко подсчитать радиоак-

тивность в *имп/мин.* Подобным же образом подсчитывается радиоактивность в *имп/мин* по частоте вспышек индикаторной лампочки. Время счета числа импульсов или вспышек индикаторной лампы должно быть не менее 2, но и не более 5 мин. Увеличение времени счета свыше 5 мин. не целесообразно, так как это не даст существенного увеличения точности измерений.

В некоторых приборах радиоактивность определяется с помощью стрелочного индикатора-микроамперметра. В этом случае радиоактивность выражается числом делений шкалы, на которое отклоняется стрелка микроамперметра. Чем выше радиоактивность источника, тем большее отклонение покажет стрелка микроамперметра. Стрелочный индикатор удобен тем, что при его использовании отпадает надобность в секундомере.

Регистрирующее устройство радиометра со стрелочным индикатором обладает инерционностью, в связи с чем стрелка микроамперметра устанавливается в отсчетное положение не сразу, а через некоторое время (0,5—1 мин.) после прикладывания счетчика к месту измерения радиоактивности. Этот недостаток стрелочного индикатора не позволяет вести непрерывные наблюдения во время движения за изменением радиоактивности.

Телефон-резонатор является практически безынерционным индикатором активности. Поэтому при передвижении наблюдение за изменением радиоактивности по маршруту производится обычно путем прослушивания темпа счета импульсов на телефон.

Отсчет по стрелочному индикатору производится следующим образом. После того как стрелка микроамперметра достигнет отсчетного положения, она начинает медленно отклоняться (флюктуировать) в разные стороны от среднего положения. Наблюдая за изменениями показаний стрелочного индикатора, можно заметить то число (положение) на шкале, против которого стрелка чаще находится. Это число записывается как результат измерения радиоактивности. До приобретения навыка взятия отсчетов подобным образом, в качестве результата измерений можно записывать среднее из наибольшего и наименьшего отсчетов, установленных за время измерений.

Регистрирующие устройства радиометров, даже при отсутствии внешних источников излучения, показывают

некоторый отсчет в *имп/мин* или в делениях шкалы. Этот отсчет обусловлен радиоактивными элементами, содержащимися в материале счетчика и окружающих его деталях (остаточный фон), космическими лучами (космический фон) и радиоактивными элементами, содержащимися в окружающих горных породах, воздухе и т. п.

Остаточный фон для данного прибора является постоянной величиной.

Космические лучи — это поток быстрых протонов и ядер атомов других элементов, приходящих на землю из межпланетного пространства. Интенсивность космического излучения увеличивается с возрастанием абсолютной высоты места измерения. Следует поэтому иметь в виду, что при поисках в высокогорных районах фон за счет увеличения интенсивности космического излучения существенно возрастает. Изменение космического фона с высотой можно не учитывать, если поиски ведутся на абсолютных высотах до 1 *км*. На абсолютной высоте 2 *км* космический фон почти в два раза выше, чем на уровне моря.

Будем далее сумму остаточного и космического фонов называть одним словом — фон.

*Истинная радиоактивность излучающего объекта определяется вычитанием фона из полученного отсчета.*

Фон можно определить, если произвести измерения радиоактивности на поверхности воды (озера, широкие реки глубиной более 3 *м* и т. п.) или в других практически нерадиоактивных местах (болота, штабеля дров и т. п.).

Из серийных радиометров, выпускаемых промышленностью, наиболее портативными и простыми в обращении являются радиометры РМ-2, РП-1 и СРП-2. Рассмотрим кратко, как устроены эти приборы и каким образом с их помощью можно определить радиоактивность.

*Радиометр РМ-2* (рис. 8) имеет вид коробки из пластмассы размером 3,5×9,5×11 *см*. Вес прибора с батареей 350 *г*. Внутри корпуса прибора располагаются два гамма-счетчика СТС-1 *1*, которые включены электрически параллельно, батарея *2* («200 ПМЦГ-0,01-III» или «230-ПМЦГ-0,01-III») и детали схемы.

Счетчики крепятся в специальных держателях. Для установки счетчиков отвинчиваются два винта, располо-

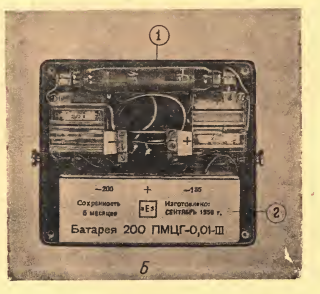



Рис. 8. Радиометр РМ-2

***А* — общий вид; *Б* — радиометр РМ-2 без крышки**

женные на плексигласовой плате у индексов + и — . Счетчики подключаются так, чтобы знаки + и — на них совпадали со знаком + и — на плате.

Батарея имеет три вывода; +, —185 *в* и —200*в*. Свежая батарея вначале включается в прибор выводами + и —185 (в батарее «230 ПМЦГ-0,01-III» —200), а затем по мере разрядки переключается на выводы + и —200 (—230). Сохранность батареи шесть месяцев со дня ее изготовления, указанного на этикетке батареи. Одна батарея обеспечивает работу прибора в течение 500 час.

В радиометре имеется простое устройство, которое подает на счетчик предварительно удвоенное напряжение от батареи.

Радиометр включается и выключается с помощью специальной кнопки *3* «*выкл.*». При нажатом положении кнопки прибор выключен. Для включения прибора кнопка поворачивается до тех пор, пока пружина не вытолкнет ее вверх; для того чтобы прибор начал работать, необходимо кнопку нажать 5—7 раз и через каждые 15—30 мин. работы нажатие повторять.

Счет радиоактивности в *имп/мин* производится с помощью телефона-резонатора *4*. В радиометре предусмотрена возможность счета как каждого единичного импульса, так и кратного. Кратность пересчета в различных экземплярах приборов колеблется от 15 до 30. Если радиометр имеет кратность пересчета, равную 20, то это значит, что в данном приборе в положении на пересчете раздается щелчок после каждого 20-го импульса.

Кратность пересчета указана в паспорте прибора, со временем она может измениться. Ее легко определить по отношению числа *имп/мин*, подсчитанных при счете каждого импульса к числу *имп/мин*, подсчитанных в положении на пересчете.

Включение прибора на счет кратных импульсов производится путем нажатия и поворота на некоторый угол кнопки *5* с надписью «*пересчет*». Если эту кнопку поднять, то прибор будет считать каждый импульс. Рядом с кнопкой «*пересчет*» расположена красная линза *6*, под которой находится индикаторная лампочка, дающая вспышку при каждом щелчке в телефоне.

При измерениях радиометр прикладывается к излучающему объекту той частью корпуса, у которой имеются несквозные прорези *7*, благодаря которым гамма-

счетчик радиометра РМ-2 чувствителен к гамма- и бета-излучению.

Выход из строя одного из счетчиков легко заметить по уменьшению скорости счета фона в *имп/мин* в два раза. Если радиометр не считает, его надо вскрыть в сухом помещении (для этого отвинчиваются винты в углах крышки корпуса) и тщательно осмотреть: установить возможные обрывы в схеме и проверить целость счетчиков.

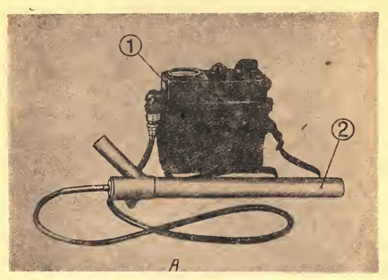
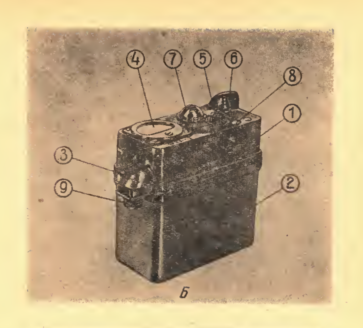



Рис. 9. Радиометр РП-1
*A* — общий вид

ков. При попадании влаги внутрь прибора, его следует просушить. Если после просушки работоспособность радиометра не восстановилась, то нужно путем последовательной замены счетчиков и батареи устранить неисправность.

*Радиометр РП-1* (рис. 9, *A*) состоит из пульта управления *1* и гильзы с кабелем *2*. Вес рабочего комплекта радиометра 2,8 *кг*. Размеры пульта 22×9×19 *см*, диаметр гильзы 3,2 *см*, длина 37 *см*, длина кабеля 1,2 *м*.

Для удобства ношения прибора пульт снабжен двумя ремнями. Один ремень перекидывается через плечо, другой — закрепляется на поясе.



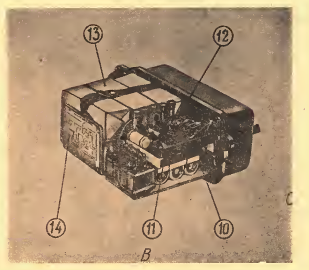




Рис. 9. Радиометр РП-1

*Б* — пульт радиометра РП-1, *В* — пульт радиометра РП-1 без корпуса

Пульт прибора (рис. 9, *Б*) имеет пластмассовую крышку *1* и корпус *2*, скрепленные между собой двумя винтами *3*. На крышке пульта расположены стрелочный измерительный прибор *4*, регулятор напряжения на тиратроне *5*, переключатель вида работ *6*, телефон с резонатором *7*, гнезда для включения внешних телефонов *8* и колодка штепсельного разъема для подключения гильзы *9*. Внешний телефон включается в гнезда *8* в случае, когда отказывает в работе телефон-резонатор *7*.

В торце штепсельного разъема имеются четыре отверстия. Одно отверстие имеет бо́льший диаметр по сравнению с тремя другими. На фишке кабеля находятся штыри. При подключении гильзы с кабелем штыри фишки входят в соответствующие отверстия штепсельного разъема и плотно закрепляются с помощью гайки с накаткой, имеющейся у фишки кабеля. Так как у одного штыря диаметр больше, чем у остальных, автоматически исключается возможность неправильного подключения гильзы к пульту.

На шкалу стрелочного измерительного прибора *4* нанесено 50 штрихов. Каждый штрих считается за два деления шкалы (всего 100 делений).

Переключатель вида работ *6* имеет пять положений. В первом положении «В» прибор выключен.

Во втором положении «1» прибор включен в работу на первом диапазоне чувствительности. В этом положении прибор имеет наибольшую чувствительность.

В положении «С» показания стрелочного прибора мгновенно сбрасываются.

Следующее положение переключателя «2» (второй диапазон чувствительности). В этом случае чувствительность прибора уменьшается по сравнению с первым диапазоном в 15—20 раз. Измерения радиоактивности на втором диапазоне производятся лишь в том случае, когда показания радиометра на первом диапазоне превышают 80—90 делений шкалы.

Последнее положение переключателя вида работ «К» (контроль). В этом положении стрелочный индикатор контролирует напряжение питания тиратрона в пульте. Контроль напряжения осуществляется в условиях натурального фона, т. е. в удалении от мест с высокой радиоактивностью. Напряжение на тиратроне можно изменять с помощью регулятора. Регулятор напряжения *5* при

свежих батареях устанавливается в крайнее левое положение. Переведя переключатель вида работ в положение «К», необходимо взять отсчет по стрелочному индикатору и записать его. Затем по мере разрядки батарей регулятор напряжения *5* вращается по часовой стрелке таким образом, чтобы отсчет по стрелочному индикатору в положении «К» оставался неизменным.

Отвинтив два винта *3*, расположенные на приливах крышки пульта, можно снять корпус. Внутри пульта (рис. 9. *В*) на металлическом шасси *10* укреплена плата *11*. На плате размещены детали схемы пульта, в том числе регулятор чувствительности *12*. Вращением этого регулятора можно изменять чувствительность прибора. Для увеличения чувствительности прибора регулятор вращается по часовой стрелке. Внутри корпуса располагаются батареи *13* и фотография схемы прибора *14*.

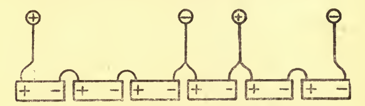


Рис. 10. Схема соединения батарей в радиометре РП-1

Радиометр получает питание от шести батарей типа 74-II-0,05 (по старому наименованию ГБ-75-0,05). Срок сохранности этих батарей шесть месяцев со дня изготовления. Комплект батарей обеспечивает работу прибора в течение 500 час. Схема соединения батарей показана на рис. 10. Места соединения батарей тщательно изолируются изоляционной лентой. Необходимо следить за тем, чтобы при соединении батарей их выводы, имеющие знак плюс, не замыкались накоротко с выводами со знаком минус или с металлическими шасси, так как это может привести к полной разрядке батарей. Зачищенные ножом выводы от батареи подключаются к клеммам, расположенным на плате, следующим образом: при нажатой клемме провод пропускается в отверстие под клеммой, затем она отжимается и провод прочно закрепляется в отверстии.

Гильза прибора состоит из следующих основных частей (рис. 11): головки с кабелем и уплотнительным резиновым кольцом *1*, защитного кожуха головки *2*, внутренней трубки с решетчатыми вырезами *3*, наружной защитной трубки *4*, латунной буксы *5* и алюминиевой буксы *6*. Во внутренней трубке с решетчатыми вырезами находится счетчик и пружина *7*. Положительный вывод счетчика вставляется в колпачок, расположенный в центре латунной буксы *5*. Минусовый вывод счетчика вставляется в колпачок, который соединен с пружиной *7*.

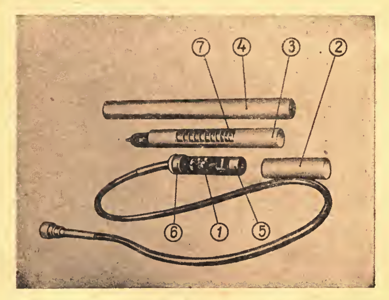



Рис. 11. Устройство гильзы радиометра РП-1

В гильзу можно установить гамма-счетчик СТС-8 или бета-счетчик СТС-6. В головке гильзы *1* смонтированы некоторые детали схемы прибора.

Для установки или замены счетчика отвинчиваются наружная защитная трубка *4* и внутренняя трубка *3*. В колпачок, расположенный в центре латунной буксы *5*, вставляется положительный вывод счетчика, а вывод от катода счетчика — в колпачок пружины *7*, после чего завинчиваются внутренняя и наружная защитные трубки.

Решетчатые вырезы на внутренней трубке сделаны для того, чтобы при измерениях суммарной бета+гамма радиоактивности, бета-частицы не были значительно ослаблены. Необходимо заметить место на внешней гильзе, приходящееся на решетчатые вырезы, и при измерениях всегда прикладывать гильзу к излучающему объекту этой стороной.

Для удобства перемещения гильзы в маршруте, на нее надевается и закрепляется винтом специальный хомут. В ручку этого хомута вставляется деревянная палка. Палку с гильзой при движении в маршруте держат в руке.

Подключив батареи и счетчик, можно включить радиометр, для этого после проверки показаний стрелочного индикатора (при установке переключателя вида работ в положение «К») переключатель переводится в положение «1». Если прибор исправен, в телефоне будут слышны щелчки, стрелка индикатора начнет двигаться вправо до отсчетного положения, а достигнув его — медленно флюктуировать (отклоняться в разные стороны). Если флюктуация стрелки настолько велика, что взятие отсчета становится затруднительным, надо снять корпус прибора и вращением регулятора чувствительности (см. рис. 9, деталь *12*) против часовой стрелки уменьшить флюктуацию стрелки. Не следует, однако, сильно уменьшать флюктуацию стрелки, так как при этом одновременно снижается и чувствительность прибора.

Радиометр может прекратить работу по окончании срока службы батареи, из-за выхода из строя счетчика, попадания влаги внутрь пульта, особенно в гильзу, и по ряду других причин. Заменив гильзу неисправного прибора гильзой работающего прибора, можно сразу установить, где находится неисправность: в пульте или в гильзе. Если окажется, что неисправен пульт — его необходимо вскрыть в сухом помещении и путем тщательного осмотра попытаться найти причины, вызвавшие его неисправность, предварительно проверив (путем замены на заведомо годные) качество батарей. При неисправности в гильзе ее также необходимо вскрыть и, если счетчик окажется годным, проверить, нет ли влаги или грязи на плюсовом выводе счетчика, а также в головке гильзы вблизи тиратрона. Эту влагу и грязь

необходимо удалить чистой тряпкой и после этого гильзу просушить. Если влага попала внутрь резонатора, то он будет давать слабые щелчки. В этом случае необходимо, отвернув колпачок резонатора, обтереть мембрану и просушить ее.

Радиометр СРП-2 (рис. 12) состоит из пульта и гильзы. Вес рабочего комплекта 3 *кг*. Диаметр гильзы 5 *см*, длина кабеля 1,5 *м*.

На лицевой панели пульта находятся: стрелочный измерительный прибор *1*, гнезда для включения телефонов *2*, переключатель диапазонов *3*, переключатель *4*, регулятор режима *5* и под заглушкой — регулятор усиления *6*.

Переключатель *4* имеет три положения: «выкл.» (прибор выключен), «быстро» и «медленно». В положении «медленно» стрелочный индикатор медленнее, чем в положении «быстро», устанавливается в отсчетное положение, но зато меньше флюктуирует, что удобнее при отсчетах.

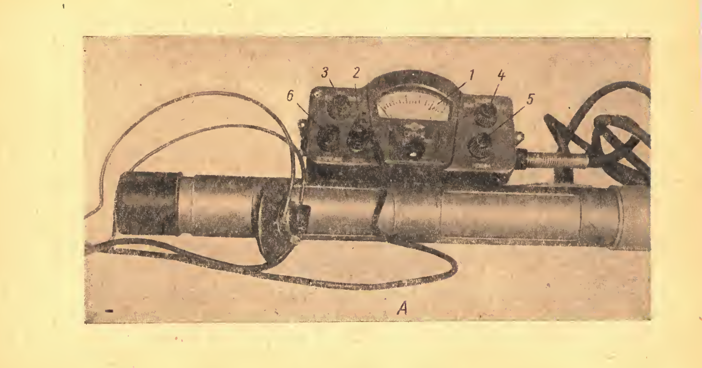
Пульт закрыт кожухом, внутри пульта находятся монтажное шасси и батарейный отсек. В гильзе располагаются кристалл, ФЭУ и монтажный отсек.

Для подготовки прибора к работе необходимо вначале установить в нем батареи. Прежде чем вынуть пульт из кожуха, необходимо обязательно поставить переключатель *4* в положение «выкл.», а ручку регулятора *5* нажать, повернуть в крайнее левое положение и отпустить.

В батарейный отсек устанавливаются две батареи типа 11,5-ПМЦГ-1,3. Зачищенные концы батареи закрепляются, соблюдая полярность (+ и —), резиновыми держателями.

После установки батарей пульт вставляется в кожух и закрепляется накидными замками. Затем вставляется в гнезда вилка головного телефона.

Переключатель *4* ставится в положение «быстро». Нажав вниз ручку переключателя *5* и плавно повернув ее вправо, необходимо довести стрелку индикатора на режимную риску шкалы. В этом положении в телефонах будут слышны частые щелчки, а если отпустить ручку переключателя *5*, то стрелочный индикатор покажет отсчет, отвечающий интенсивности излучения в месте измерения.



3
2
1
4
6
5
A

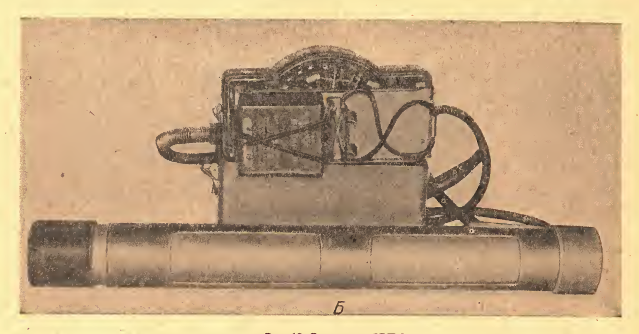



Рис. 12. Радиометр СРП-2

4 — пульт и гильза, *Б* — пульт со снятым кожухом и гильза

Для проверки чувствительности к прибору придается контрольный препарат — диск, в центре которого нанесен радиоактивный кобальт (Co-60). Этот препарат при контроле прикладывается в одно и определенное положение относительно счетчика.

Через 80—100 часов работы, если регулятором *5* нельзя будет вывести стрелку на режимную риску, необходимо старые батареи заменить новыми.

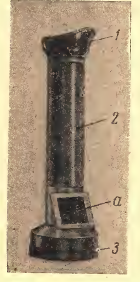


Рис. 13. Общий вид полевого карманного люминоскопа ПКЛ (МЧ)

Все рассмотренные типы радиометров измеряют общую радиоактивность пород независимо от того, что в них находится: уран или торий.

С помощью простого прибора — полевого карманного люминоскопа ПКЛ [МЧ] (рис. 13), который весит лишь 150 *г*, можно обнаружить присутствие урана в породе по его люминесцирующим вторичным минералам. При работе люминоскоп плотно прижимают резиновым кольцом *3* к той поверхности образца, на которой предполагается присутствие вторичных урановых минералов. При этом люминоскоп с образцом ориентируют таким образом, чтобы солнечные лучи падали на светофильтр *а* перпендикулярно к его поверхности. В этом положении через окуляр *1* можно видеть свечение минералов. Затем люминоскоп перемещают на другой участок поверхности образца и исследование производится точно так же.

Если радиометр и люминоскоп отсутствуют, поиски урановых руд можно вести, руководствуясь описанными выше поисковыми признаками и внешними особенностями урановых руд. В частности, в этом случае для последующего специального изучения отбираются образцы пород и руд с ярко окрашенными желтыми или зелеными минералами. а также землистыми сажистыми примазками.

Наличие радиоактивных элементов в отобранных образцах можно проверить, приложив на несколько дней (в темноте) образец гладкой стороной к фотопленке или фотопластинке (см. стр. 24). Наличие на пленке или пластинке засвеченных мест будет являться прямым свидетельством присутствия радиоактивных элементов (урана или тория) в исследуемом образце.

Урановые минералы в образце можно быстро определить, если листом фильтровальной бумаги, смоченной 5—10% раствором азотной или соляной кислоты, завернуть образец так, чтобы бумага плотно прилегала ко всей его поверхности. Через 2—3 минуты на бумагу необходимо покапать 5% раствором желтой кровяной соли (химическая формула $K_4[Fe(CN)_6]$.) Если на бумаге выступят красновато-коричневые пятна (отпечатки), то они укажут где располагаются на поверхности образца урановые минералы. Следует иметь в виду, что подобные цветные отпечатки могут получиться и от минералов меди и молибдена. Образцы, давшие цветные отпечатки, можно поставить на радиографию и таким образом установить, есть ли в образце уран.

## КАК ПРОВОДИТЬ ПОИСКИ УРАНОВЫХ РУД

Правильный выбор маршрута и хорошая подготовка к нему — важнейший этап в работе поисковика.

Для того чтобы выбрать маршрут поисков, нужно до начала работы обратиться за советом и помощью в ближайщее Геологическое управление Министерства геологии и охраны недр или к руководителю геологоразведочной партии, работающей в районе. В этих организациях помогут наметить район поисков и познакомят с основными особенностями его геологического строения. Если получить такую помощь по каким-либо причинам не представляется возможным, то в период подготовки к поискам необходимо ознакомиться с краеведческой и популярной геологической литературой по району поисков, получить консультации в краеведческих музеях или у учителей естествознания в школах. Коллекции горных пород краеведческих музеев и школ полезно тщательно изучить, обратив при этом внимание на состав и особенности образцов тех пород, которые могут встретиться по намеченному маршруту похода.

При выборе маршрута необходимо учитывать, что наиболее благоприятными для пешеходных поисков с радиометром являются те площади, на которых коренные породы полностью обнажены или лишь местами закрыты наносами небольшой мощности (1—2 *м*).

К обнаженным районам Советского Союза относятся горы Кавказа, Крыма, отдельные хребты Сибири и Дальнего Востока и др.

В таежных районах Сибири и Дальнего Востока коренные породы залегают обычно неглубоко, но скальные выходы встречаются редко. В этих районах на склонах возвышенностей и под корнями вывороченных ветром деревьев часто наблюдаются скопления остроугольных или окатанных обломков коренных горных пород и руд, что позволяет успешно вести здесь поиски.

На участках, где коренные породы закрыты наносами большой мощности (от нескольких до десятков и сотен метров) возможность обнаружения урановых руд пешеходными поисками очень мала, так как гамма-лучи, испускаемые этими рудами, полностью поглощаются наносами. Маршруты в подобных районах целесообразно намечать в первую очередь вдоль берегов рек, по оврагам, выемкам железных и шоссейных дорог, по трассам трубопроводов и т. п., где могут вскрываться коренные породы и руды.

Когда маршрут намечен и собраны все данные по району поисков, приступают к подбору и проверке полевого снаряжения. Помимо различных хозяйственных и других принадлежностей, необходимых в любом походе, поисковик должен проверить радиометр, подобрать некоторые запасные части и принадлежности для ремонта прибора в маршруте (счетчики, отвертка, нож, изоляционная лента). Кроме того, желательно взять с собой карту, выписки из геологической литературы по району, компас, геологический молоток[1], зубило, лопатку, рулетку или сантиметр, лупу, журнал наблюдений, этикетную книжку, простые карандаши, матерчатые мешочки или бумагу для упаковки образцов радиоактивных пород.

[1] Геологический молоток отличается от обычного тем, что один его конец оттянут, как в кайле. Молоток насаживается на ручку длиной около полуметра, изготовленную из березы, черемухи и других твердых пород дерева.

Запасные батареи или элементы целесообразно завернуть в непромокаемый материал (клеенка, пластикат и т. п.).

**Работа в маршруте**. Поиски могут проводиться как отдельными лицами, так и группами во главе со старшим группы.

В этом случае в составе группы выделяются один или несколько радиометристов по числу имеющихся радиометров для непосредственной работы с приборами, желательно из лиц, знакомых с радиотехникой.

Остальные члены группы выполняют следующие обязанности:

1) прокладывают поисковый маршрут по карте и компасу;

2) производят наблюдения по ходу маршрута за обнажениями, высыпками, выемками и т. д.;

3) отбирают образцы радиоактивных горных пород и руд;

4) производят фотографирование и зарисовки на обнаруженных радиоактивных аномалиях.

Если имеется несколько радиометров, целесообразно делить группу на подгруппы[1], которые, имея радиометр, могут вести поиски на соседних маршрутах с расстоянием между ними 250—500 *м*.

Оценка радиоактивности пород при поисках проводится путем непрерывного прослушивания радиометром темпа импульсов на всем протяжении маршрута и измерением в отдельных пунктах.

При непрерывном прослушивании гильза радиометров СРП-2, РП-1 или корпус радиометра РМ-2 ориентируются таким образом, чтобы чувствительность приборов к радиоактивному излучению от земли была бы наибольшей. С этой целью гильзу прибора РП-1 (со счетчиком СТС-6) поисковик держит при движении по маршруту на высоте не более 5—10 *см* от земли решетчатыми прорезями вниз. Для увеличения ширины полосы охвата площади непрерывным прослушиванием, гильза радиометра при движении перемещается в направлении, перпендикулярном линии движения.

[1] В состав подгруппы следует включать не меньше двух человек. Все поисковики должны быть предварительно проинструктированы о правилах техники безопасности в походе.

Радиометр РМ-2 легко приспособить для непрерывного прослушивания радиоактивности пород по маршруту. Для этого корпус прибора необходимо прикрепить с помощью резинок или другим способом к деревянной палке. Прикреплять корпус этого прибора следует так, чтобы несквозные прорези (РМ-2) были всегда обращены к земле.

Радиометр РМ-2 при прослушивании включается на счет каждого импульса и переводится на счет кратных импульсов только при измерениях радиоактивности пород.

В радиометре СРП-2 переключатель *4* (рис. 12) при прослушивании устанавливается в положение «быстро», а при измерениях — в положение «медленно».

Скорость движения в маршруте должна быть не более 3 *км/час*.

Внимательно прислушиваясь к темпу щелчков радиометра, поисковик одновременно ведет наблюдение за местностью, отыскивая по ходу маршрута или вблизи его объекты для более детального обследования: обнажения, высыпки, осыпи, глыбы, крупные валуны горных пород, водные источники.

Некоторые месторождения урана располагаются в зонах трещин и разломов. Эти зоны часто выражены в рельефе понижениями местности и плохо обнажены. Каждый выход коренных пород или развалы и высыпки их, обнаруженные в таких понижениях, должны быть тщательно осмотрены и обследованы радиометром.

Если в поисковом маршруте встречаются карьеры и каменоломни, их также надо обследовать. Поиски в старых заброшенных шахтах и штольнях из-за опасности обвалов и взрывов газа проводить не следует; целесообразно в таких случаях обследовать радиометром отвалы этих выработок.

Обнажение горных пород может иметь различные размеры — от нескольких до десятков и сотен тысяч квадратных метров, разную форму — в виде плоского сглаженного выхода, вертикального обрыва или крутого склона (рис. 14), останца (рис. 15), возвышающегося над окружающей местностью; оно может быть сложено одной породой или несколькими, пересечено жилами, трещинами и т. п.



Рис. 14. Обнажение кварцевых порфиров в обрыве



Рис. 15. Останец гранита

Вначале производится осмотр обнажения, для того чтобы определить: 1) одной или несколькими и какими именно — изверженными или осадочными породами оно сложено; 2) пересекаются ли породы жилами и трещинами; 3) как залегают пласты осадочных пород — горизонтально, наклонно или вертикально; для изверженных пород — однородна ли порода, или в ней имеются участки другого состава. Видна ли резкая смена одних пород другими и граница между ними (контакт), какова окраска пород; 4) наличие прямых или косвенных признаков урановых руд.

Обнажения коренных горных пород радиометрически обследуются отдельными линиями (линии прослушивания радиоактивности). Скорость перемещения не должна при этом превышать 20 *м/мин.* На обнажениях осадочных пород (рис. 16) линии прослушивания прокладываются обычно вкрест (перпендикулярно) слоистости, которая может иметь горизонтальное положение или наклонное (породы, собранные в складки). Выходы изверженных пород прослушиваются по линиям, расположенным вкрест направлению плоскостей трещин, жил и контактов с другими породами.

Расстояние между линиями радиометрического прослушивания выбирается в зависимости от размеров обнажения и обычно составляет от 5 до 100 *м*; для обнажений, тянущихся на километры, расстояние между линиями прослушивания увеличивается до 500 *м*.

Вне зависимости от расположения линий прослушивания на обнажениях необходимо дополнительно обследовать радиометром жилы, крупные трещины и особенно тщательно все слои различных пород и другие места, в которых обнаружены признаки урана (см. стр. 20).

Обломочный материал горных пород в осыпях и высыпках образовался либо за счет разрушения близлежащих выходов коренных пород, либо приносился издалека, что часто видно по округлой (окатанной) форме обломков. При обследовании обломочного материала в первую очередь следует измерять радиоактивность остроугольных обломков, где бы они ни находились: на ровной местности, склонах возвышенностей, в русле рек и ручьев.

Если поиски ведутся с радиометром РП-1 или СРП-2, то в отдельных местах возможно измерение радиоактив-





Рис. 16. Пример радиометрического обследования берегового обнажения

Перекрывающейся штриховкой показана линза радиоактивных пород. Жирным пунктиром показаны линии прослушивания радиоактивности пород радиометром РП-1. Цифры указывают результаты измерений радиоактивности пород в делениях шкалы на 1-м диапазоне чувствительности. Кружком показано место взятия радиоактивного образца из участка с наибольшей радиоактивностью

ности воды, в обнаруженных по ходу маршрута источниках и колодцах. В этом случае будет измеряться радиоактивность, обусловленная не ураном, а продуктами распада радона, растворенного в воде. Гильзу прибора РП-1 погружают в воду, но только так, чтобы головка гильзы находилась выше уровня воды, иначе в гильзу может попасть вода и радиометр выйдет из строя. *Радиометр РМ-2 погружать в воду ни в коем случае не следует.*

Чтобы правильно установить для горных пород данного района величину радиоактивности, которую следует считать аномальной[1], необходимо с первого же дня поисков составить представление о средней (обычной) радиоактивности этих пород. Величина средней радиоактивности в ходе поисков будет постепенно уточняться.

За аномалию следует принимать величину радиоактивности, которая не менее чем в пять раз превышает среднюю радиоактивность пород в районе поисков. Пусть, например, средний отсчет при измерениях радиоактивности пород в районе с помощью радиометра РП-1 составляет 15 делений шкалы на первом диапазоне чувствительности, а фон (см. стр. 29) — 5 делений шкалы. Средняя радиоактивность пород района в таком случае будет равна 10 делениям шкалы (15—5). Таким образом, радиоактивность горных пород, примерно равную или превышающую 50 делений шкалы (5×10) на первом диапазоне чувствительности, для данного района следует считать аномальной.

При измерении радиоактивности отдельных обломков коренных пород, обнаруженных в осыпях, на терриконах и отвалах горных выработок, аномальной следует считать радиоактивность, превышающую фон не менее чем в два раза. Такое же двукратное превышение фона можно принять за аномалию при измерениях радиоактивности воды.

Может оказаться, что радиометр в связи с его неисправностью дает аномальный отсчет на породах с нормальной радиоактивностью. Чтобы избежать подобных ложных аномалий, необходимо всякий раз после получения аномального отсчета отойти несколько в сторону от аномальной точки и взять новый отсчет. Если радио-

[1] Аномалия — отклонение от нормы, т. е. от обычного.

метр продолжает давать аномальные отсчеты и на другом месте, а также при подъеме на высоту более 1 *м* от земли, его следует считать неисправным. Радиометр РМ-2 может показать аномальный отсчет при попадании на линзу (рис. 8, деталь 6) солнечных лучей. Чтобы избежать этого, линзу закрывают рукой.

В некоторых случаях может быть зафиксирован аномальный отсчет, обязанный излучению радиоактивных элементов, содержащихся в самом верхнем слое почвы. Такие аномалии при поисках практического интереса не представляют. Необходимо поэтому каждый раз, когда обнаруживается аномальная радиоактивность, лопаткой или молотком снять тонкий (2—5 *см*) слой почвы и вновь измерить радиоактивность. Если после снятия верхнего слоя почвы радиометр покажет более низкую радиоактивность, то обнаруженную аномалию следует считать ложной.

При обнаружении радиоактивной аномалии дальнейшее движение по маршруту временно прекращается, и поисковик приступает к ее детализации.

Вначале производится радиометрическое прослушивание для установления площади аномалии и мест наиболее высокой радиоактивности. Если аномалия имеет ограниченные размеры (точка, площадка 1×1 *м*), то в этом случае из места с наибольшей радиоактивностью отбирается один или два образца размером 3×5×10 *см*, весом не менее 300 *г* каждый. Перед отбором образца верхний выветрелый слой породы удаляют молотком или лопаткой.

Если аномалия занимает значительную площадь, ее изучение производится измерением радиоактивности по сети с расстоянием между линиями измерений 2—5 *м* и между точками измерений около 1 *м*. На участках с наибольшей радиоактивностью сеть измерений сгущается (рис. 17).

Для характеристики протяженной аномалии отбирается несколько радиоактивных образцов, отражающих состав пород аномального участка. Образцы нужно отбирать из мест с наибольшей радиоактивностью. В маршруте можно обнаружить радиоактивные обломки в долинах и распадках, в руслах рек и ручьев, у подножия склонов. Находка таких обломков является важным поисковым признаком. Известно немало случаев откры-

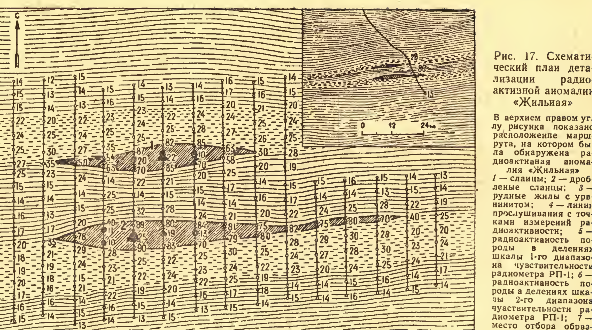



Рис. 17. Схематический план детализации радиоактивной аномалии «Жильная»

В верхнем правом углу рисунка показано расположение маршрута, на котором была обнаружена радиоактивная аномалия «Жильная»

*1* — сланцы; *2* — дробленые сланцы; *3* — рудные жилы с уранинитом; *4* — линии прослушивания с точками измерений радиоактивности; *5* — радиоактивность породы в делениях шкалы 1-го диапазона чувствительности радиометра РП-1; *6* — радиоактивность породы в делениях шкалы 2-го диапазона чувствительности радиометра РП-1; *7* — место отбора образца и номер образца

## Полевой журнал

Область________________ район________________

радиометрист ________________________________
(фамилия, имя, отчество)

Дата 5 мая 1959 г. Прибор $\frac{\text{РМ-2}}{\text{(тип)}}$ № 24211,

Счетчик $\frac{\text{СТС-1}}{\text{(тип)}}$ 2 шт. Фон-2 кратн. *имп/мин*

| Маршрут и его направление | Номер точки измерения | Диапазон чувств. или кратность | Отсчет в делениях шкалы или в *имп/мин* | Активность за вычетом фона | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Маршрут по правому берегу р. Белой. Начат в 300 *м* ниже дер. Петровки по течению реки | | | | | |

Детализация аномалии № 3

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Аномалия № 3 расположена у дер. Никольское при впадении в р. Белую руч. Холодного | 1<br>2<br>3<br>4<br>5 | 22<br>22<br>22<br>22<br>22 | 11<br>14<br>13<br>20<br>6 | 9<br>12<br>11<br>18<br>4 | В береговом обрыве выходит обнажение глин темно-серого цвета.<br>Размеры обнажения: длина около 300 *м*, ширина 3—4 *м* В точке № 2 взят образец № 7, а в точке № 4—образец № 8 |

тия геологами и поисковиками-любителями крупных месторождений урана по обломкам коренных пород, снесенным вниз водой или под действием силы тяжести.

Поисковик должен проявить инициативу и, не жалея усилий, по обнаруженным обломкам руд найти их в коренном залегании. Если эти обломки встречены в долинах и руслах, следует, поднимаясь вверх по долине или вверх по реке и ручью, попытаться обнаружить новые обломки радиоактивных пород или руд. При этом надо внимательно осматривать боковые долины и распадки, особенно в случае исчезновения рудных обломков. Это может означать, что коренной выход находится где-то поблизости или прикрыт наносами. В последнем случае (если мощность наносов не очень велика) можно лопаткой снять слой наносов над коренным выходом пород, проверяя попадающиеся в наносах обломки на радиоактивность (поиски по механическому ореолу рассеяния).

Результаты измерений радиоактивности и другие необходимые сведения об аномальной зоне записываются в полевой журнал. Все записи ведутся простым карандашом.

Покажем на примере, как заполняется полевой журнал (стр. 53).

В графе 1 полевого журнала указывается начало маршрута и его направление, а в графе 2—номер точки. Положение маршрута наносится на топографическую карту, имеющуюся у поисковика. В графе 3 указывается диапазон чувствительности (1-й и 2-й) при работе с приборами СРП-2 и РП-1 или кратность пересчета — при работе с радиометром РМ-2.

В графе 4 записывается отсчет, полученный по прибору при измерениях радиоактивности пород, выраженный в *имп/мин* или в делениях шкалы.

В графе 5 указывается радиоактивность пород за вычетом фона.

В графе «Примечание» приводится описание точек с аномальной радиоактивностью: характер обнажения, состав слагающих его пород, осыпи и т. п.

На каждый отобранный на аномалии образец заполняется этикетка по следующей форме:

Заполненный корешок этикетки остается в этикетной книжке, дубликат этикетки вкладывается в свернутом

| КОРЕШОК | ДУБЛИКАТ |
|---|---|
| Область . . . . . . | Область . . . . . . . |
| Район . . . . дата . . | Район . . . дата . . |
| № маршрута . . . . . | № маршрута . . . . . |
| Наименование или номер аномалии . . . . . | Наименование или номер аномалии . . . . . |
| № образца . . . . . | № образца . . . . . . . |
| Фамилия, и., о. поисковика . . . . . . . | Фамилия, и., о. поисковика . . . . . . . |
| *Подпись* . . . . . | *Подпись* . . . . . |

виде (чтобы не стерлись записи при трении образца о бумагу) вместе с образцом в отдельный мешочек.

При обнаружении аномальных обломков пород в отвалах горных выработок или на терриконах шахт на плане указывается местоположение обломков.

Местоположение аномалий должно быть описано в полевом журнале с такой подробностью, чтобы аномалию можно было найти без лица, ее обнаружившего.

На всех аномалиях оставляются опознавательные знаки, например, пирамиды из камней, засечки на деревьях и т. д.

По результатам поисков необходимо составить отчет, который вместе с отобранными на аномалиях образцами передается в ближайшее территориальное геологическое управление.

В отчете следует указать район работ, местоположение и количество обнаруженных аномалий. Поисковые маршруты и аномалии указываются и на прилагаемой к отчету карте (или ее копии), которой пользовался поисковик.

Приводятся также сведения о типе радиометров и счетчиков, применявшихся при поисках, дается описание аномалий и указывается, как их легче найти на местности.

В отчете также сообщается фамилия, имя и отчество участников поисковой группы или отдельных поисковиков, открывших аномалии, и их домашний адрес.

За открытие новых промышленных месторождений урановых руд поисковики, обнаружившие их, поощряются денежными и другими премиями в соответствии с государственной инструкцией.

## ПРАВИЛА ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ РУДАМИ

Радиоактивное облучение в чрезмерно больших дозах может оказаться опасным для здоровья. Особенно вредным является внутреннее облучение, когда радиоактивные элементы с пищей или при дыхании попадают внутрь организма. При обращении с радиоактивными рудами необходимо соблюдать правила личной гигиены и особенно тщательно мыть руки перед едой и курением. Чтобы избежать чрезмерного внешнего облучения, не следует держать длительное время при себе (в карманах) образцы радиоактивных руд.

При переноске такие образцы укладываются в рюкзаке к той стороне, которая не обращена к спине.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Мелков В. Г., Пухальский Л. Ч. Поиски месторождений урана. Госгеолтехиздат, 1957.

2. Щербаков Д. И., Бублейников Ф. Д. Земная кора и геологические процессы. Учпедгиз, 1951.

9 коп.